

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-59746

(43)公開日 平成10年(1998)3月3日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所	
C 0 3 C	17/34		C 0 3 C	17/34	Z
	15/00			15/00	A
	23/00			23/00	D
G 0 2 B	1/02		G 0 2 B	1/02	
	5/18			5/18	
審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 6 頁) 最終頁に続く					

(21)出願番号 特願平8-213392

(22)出願日 平成8年(1996)8月13日

(71)出願人 000004008

日本板硝子株式会社

大阪府大阪市中央区道修町3丁目5番11号

(72)発明者 常友 啓司

大阪府大阪市中央区道修町3丁目5番11号

日本板硝子株式会社内

(72)発明者 小山 正

大阪府大阪市中央区道修町3丁目5番11号

日本板硝子株式会社内

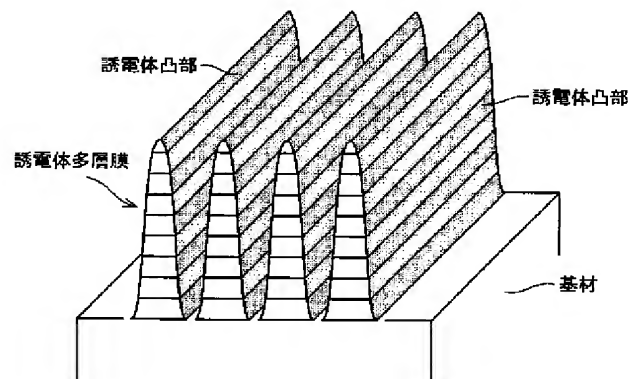
(74)代理人 弁理士 小山 有 (外1名)

(54)【発明の名称】 光学素子の製造方法

(57)【要約】

【課題】 誘電体多層膜からなる回折格子等の光学素子を、簡便且つ周期の再現性よく製造する方法を提供する。

【解決手段】 レーザ光を誘電体多層膜に照射すると、レーザ光のエネルギーが誘電体多層膜に吸収され、溶融・蒸発若しくはアブレーションを起こさせる閾値を超えた箇所において、レーザ光の強度に応じて誘電体多層膜が除去され、多数の誘電体凸部が1方向に沿って周期的に配列された回折格子が形成される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 誘電率の異なる2種以上の層が積層された誘電体凸部を光の波長程度の格子定数をもつように周期的に配列してなる光学素子の製造方法において、この方法は、基材表面に誘電体多層膜を形成した後に、この誘電体多層膜に対し強度分布を有するレーザ光を照射し、前記誘電体多層膜にレーザ光のエネルギーを吸収させることで溶融・蒸発若しくはアブレーションを起こさせて前記誘電体多層膜の一部をレーザ光の強度に応じて除去し、他の部分を光の波長程度の格子定数をもつ周期的に配列される誘電体凸部として残すようにしたことを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項2】 請求項1に記載の光学素子の製造方法において、前記誘電体多層膜は、酸化珪素、酸化チタン、酸化セリウム、酸化ゲルマニウム、フッ化マグネシウム、フッ化カルシウム、酸化タンタルのうちから選択される少なくとも2種以上の膜を積層してなることを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項3】 請求項1に記載の光学素子の製造方法において、前記レーザ光は1方向に周期的な強度分布を有し、この1方向に周期的な強度分布を有するレーザ光は、フェイズマスク若しくは2本のレーザ光を干渉させることによって得ることを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項4】 請求項1に記載の光学素子の製造方法において、前記レーザ光は2方向に周期的な強度分布を有し、この2方向に周期的な強度分布を有するレーザ光は、3本以上のレーザ光を干渉させることによって得ることを特徴とする光学素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光通信や光計測の分野において、偏光ビームスプリッタやカップリンググレーティング等として使用される回折格子やホログラムとして用いられる回折型の光学素子、或いは複屈折素子や光散乱体等として使用されるフォトニッククリスタル等の光学素子の製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】図8(a)に示すような、誘電体多層膜に1方向に周期的な凹凸を形成した回折格子が、偏光ビームスプリッタとして優れた特性を有することが知られている。(Rong-Chungら、OPTICS LETTERS Vol.21, No. 10, p761, 1996年)

また、図8(b)に示すような、誘電体多層膜に2方向に周期的な凹凸を形成した回折格子が、3次元のフォトニッククリスタルとして提案されている。(E.Yablonovitch, Journal of Optical Society of America B Vol. 10, No.2, p283, 1993年)

【0003】誘電体多層膜自体は、ミラーなどとして現在様々な分野で使用されており、製造方法としては、電

子ビーム蒸着法や加熱蒸発法あるいはスパッタ法などの技術が既に確立されている。

【0004】また、誘電体多層に周期的な凹凸を形成する技術も、超LSIなどのパターンニング技術と類似な技術であることから、このパターンニング技術を誘電体多層膜に適用することで誘電体多層膜に周期的な凹凸を形成した回折格子を製造できる。具体的なパターンニング技術としては、フッ酸等のエッチャントを用いたウェットエッチング(化学エッチング)、或いはリアクティブイオンエッチング等のドライエッチング(物理エッチング)が考えられる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記の成膜法とエッチング法を適用することで、回折格子等を製造できるが、ウェットエッチングにあつては、エッチャントの管理と処理の問題があり、ドライエッチングにあつては真空容器等の設備が必要になり装置自体が大掛かりとなり、更に複雑なフォトリソグラフィ技術、具体的にはレジスト塗布、乾燥、露光、ペーキング、現像等によってパターンマスクを形成しなければならず効率的でない。

【0006】更に、2種以上の層が積層された誘電体多層膜をエッチングする場合には、各層のエッチングレートに差があるので、きれいな断面形状を得にくい。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため本発明に係る光学素子の製造方法は、ガラス基板等の基材表面に誘電率の異なる2種以上の層からなる誘電体多層膜を形成し、この誘電体多層膜に対し強度分布を有するレーザ光を照射し、誘電体多層膜にレーザ光のエネルギーを吸収させることで溶融・蒸発若しくはアブレーションを起こさせて誘電体多層膜の一部をレーザ光の強度に応じて除去することで、光の波長程度の格子定数をもつ誘電体凸部を周期的に配列して基材表面に残すようにした。

【0008】ここで、前記誘電体多層膜を構成する材料としては、レーザ光に対して溶融・蒸発若しくはアブレーションを起こす閾値が基材よりも低く且つ膜の付着力が大きな材料が好ましく、具体的には、酸化珪素、酸化チタン、酸化セリウム、酸化ゲルマニウム、フッ化マグネシウム、フッ化カルシウム、酸化タンタル等が適当である。また誘電体多層膜を構成する各膜の形態は、ガラス(非晶質)、単結晶あるいは多結晶のいずれでもよい。

【0009】また、前記レーザ光は例えば1方向に周期的な強度分布を有するものとする。この1方向に周期的な強度分布を有するレーザ光は、フェイズマスク若しくは2本のレーザ光を干渉させることによって得ることができる。また、前記レーザ光は例えば2方向に周期的な強度分布を有するものとする。この2方向に周期的な強度分布を有するレーザ光は、3本以上のレーザ光を干渉

させることによって得ることができる。

【0010】レーザ光としては、KrFなどのエキシマレーザあるいはNd-YAGレーザ、Ti:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>レーザおよびその高調波、色素レーザなどを使用し、好ましくは、加工しようとする誘電体多層膜の反射率が低い領域のレーザ光を使用する。

【0011】

【発明の実施の形態】

(実施例1) 先ず、基材表面に誘電体多層膜を形成する手順について説明する。基材としては、ホウ珪酸系ガラス基板(BK7ガラス基板)を使用し、成膜前に基板のアルコール洗浄を行い、この基材を、蒸着装置内で300℃に加熱し、図1に示すようなSiO<sub>2</sub>とTiO<sub>2</sub>とが交互に9層積層した誘電体多層膜を形成した。

【0012】SiO<sub>2</sub>の原料としては、直径2インチのSiO<sub>2</sub>ディスクを使用し、SiO<sub>2</sub>の一層あたりの厚さは約104nmとした。また、TiO<sub>2</sub>の原料としては、Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の顆粒を使用し、これを酸素雰囲気下で蒸発させ成膜した。TiO<sub>2</sub>の一層あたりの厚さは約50nmとした。

【0013】上記によって作製した誘電体多層膜は、いわゆる誘電体多層膜ミラーと同じ構成であり、約600nmあたりに反射率のピークを持つミラーとなる。分光スペクトルを測定した結果、300~400nmの波長の光に対しては、反射率がそれほど大きくなく、レーザ光が十分膜を透過することができることがわかったので、この範囲の波長をもつレーザ光を使用することとした。

【0014】具体的には、Nd:YAGレーザの第三高調波(355nm)を使用した。尚、レーザ光のエネルギーは、レーザ光源から出た時点で、350mJ/pulse、パルス幅は5nsec、繰り返し周波数は5Hzとした。また、ビーム直径は約7mmであった。

【0015】このレーザ光を図2に示すように、ビームスプリッターで2本に分け、それぞれ異なる光路を通過して基材上で再び重ね合うように調整する。明瞭な干渉縞を基材上に形成するためには、2本のビームの光路長がほとんど等しいこと、ならびにそれぞれのビームのエネルギーがほぼ等しいことが必要である。

【0016】本実施例の場合、2本のビームの光路長の差は、2cm以下であり、これは、レーザ光のパルスの空間的な長さ、150cmに比べて十分に小さく、明瞭な干渉縞を形成することができた。また、本実施例の場合、2本のビームのエネルギーは、それぞれの光路のミラー損失の違いなどから、1:2程度の比となったが、この程度のエネルギーの違いがあっても干渉縞の明瞭さは失われない。なお、エネルギー密度を増大させるため、レーザ光を焦点距離200mmのレンズで絞り込んで基材上でのビームサイズが約2mmになるようにした。

【0017】また、本実施例は、大気中でレーザ照射を行ったので、レンズ焦点位置に空気放電が発生する。この放電の影響を除去するために、ガラス基材の位置は、レンズの焦点位置よりもレンズよりになるように調整した。したがって、図2では、レンズ前の2本のビームを平行に描いてあるが、実際はわずかに角度をもたせてレンズに入射させている。

【0018】このように、光学系を調整した後、先に作製した誘電体多層膜をレーザ光の干渉縞が形成された位置にセットし、数パルスレーザ光を照射すると、図3(a)、(b)及び図4に示すように、レーザ光のエネルギーが誘電体多層膜に吸収され、溶融・蒸発若しくはアブレーションを起こさせる閾値を超えた箇所において、レーザ光の強度に応じて誘電体多層膜が除去され、多数の誘電体凸部が1方向に沿って周期的に配列された回折格子が形成された。ここで、図3(a)はレーザ光照射によって形成された誘電体凸部の光学顕微鏡写真(1000倍)、(b)は同写真に基づいて作成した図、図4は同誘電体多層膜表面の拡大斜視図である。

【0019】ここで、注意しておく必要があるのは、本実施例の場合、誘電体多層膜を構成する層のうち、SiO<sub>2</sub>層は355nmのレーザ光に対して吸収係数が低く、TiO<sub>2</sub>に比べて蒸発しにくいということである。にもかかわらず、本実施例では、SiO<sub>2</sub>もTiO<sub>2</sub>とともに蒸発しているのは、上下のTiO<sub>2</sub>層が蒸発する際にSiO<sub>2</sub>も加熱され一緒に蒸発しているためである。

【0020】このように、誘電体多層膜の各層のレーザ光に対する溶融・蒸発若しくはアブレーションを起こす閾値が異なる場合でも、本発明の回折格子の製造方法は実施できるが、このような条件下では、膜の損傷を低減するために、膜の付着力が強いことが必要である。この条件を満たす膜構成として、SiO<sub>2</sub>やTiO<sub>2</sub>の他に、酸化セリウム、酸化ゲルマニウム、フッ化マグネシウム、フッ化カルシウム、酸化タンタルが考えられる。また、同じ膜構成であっても、たとえばイオンアシスト電子ビーム蒸着のように、製造方法によって膜の付着力を向上させることもできる。

【0021】尚、上記実施例では2本のレーザ光による干渉縞を使用した。これに限ることなく、3本あるいはそれ以上のレーザ光の干渉縞も、本発明の回折格子の製造方法に使用できる。この場合は、作製される回折格子の形状は図5に示すように直交する2方向に沿って周期性をもつ回折格子となる。即ち、一種の3次元フォトリソニッククリスタルとなる。

【0022】また、同じようなフォトリソニッククリスタルは、図2の光学系を用い基板を90°回転させ、異なる方向から2度加工を施すことでも実現できる。

【0023】(実施例2) 実施例1と同じ方法で誘電体多層膜を形成したホウ珪酸系ガラス基板に対し、図6に示す装置を用いて回折格子を製造した。ここで、図6は

フェイズマスクを用いた本発明方法で回折格子を製造する装置の概略図、図7(a)はフェイズマスクの作用を説明した図、(b)は同フェイズマスクを介してガラス基板にレーザ光を照射している状態を示す図、(c)はレーザ加工されたガラス基板を示す図である。

【0024】具体的には、上記のガラス基板の上に誘電体多層膜を成膜した面に、スペーサを介して回折格子を形成したフェイズマスクを備えた基板を配置し、レーザ光を照射した。

【0025】フェイズマスクにレーザ光が入射すると、図7(a)に示すように、主として+1次、0次、-1次を含む複数の回折光が出射し、これらの回折光の干渉によりフェイズマスクの出射側の極近傍に周期的な光の強度分布が得られる。ここで、本実施例のフェイズマスクは回折格子周期：1055nm、回折格子深さ：約250nm、サイズ：10mm×5mm(QPS Technology Inc.製Canada)を使用した。そして、この周期的な強度分布が形成された領域に、図7(b)に示すように、薄膜を成膜したガラス基板をセットした。その結果、図7(c)に示すように、当該周期的な光強度に応

じて薄膜が蒸発或いはアブレーションし、光強度の周期と同一の周期をもつ回折格子がガラス基板上に薄膜を加工した形で形成された。

【0026】尚、使用したレーザ光は、実施例1と同様にNd:YAGレーザの第3高調波である355nmの光とした。パルス幅は約10nsec、繰り返し周波数は5Hzであった。またレーザ光の1パルスあたりのエネルギーは、レーザのQスイッチのタイミングを変えることで調整が可能であり、110mJ/pulseのエネルギーで、ビーム直径は約5mmであった。加工に適

するように、レーザのエネルギー密度を増大させるため、レーザ光を焦点距離250nmのレンズで絞り込んでガラス基板上でのビームサイズが約2mmになるようにした。

【0027】また、本実施例にあってはスペーサによってフェイズマスクとガラス基板との間隔が約50μmとなるようにしている。これは、ガラス基板表面からの蒸発物がフェイズマスクに付着するのを極力防ぐためであり、この間隔自体は任意である。例えば+1次光と-1次光とが重なっている範囲内ならば、フェイズマスクとガラス基板を密着させても回折格子は作製できるし、フェイズマスクとガラス基板との間に150μm程度の厚さの石英板を挟み密着させてレーザ照射を行った場合

も、本実施例と同様に回折格子が作製できた。フェイズマスクは繰り返し使用されるものであり、その汚れを防ぐことは重要であり、したがってスペーサを介在させることは有効な手段である。

【0028】

【発明の効果】以上に説明したように本発明によれば、基材表面に誘電体多層膜を形成した後に、この誘電体多層膜に対し強度分布を有するレーザ光を照射し、前記誘電体多層膜の一部をレーザ光の強度に応じて除去し、他の部分を光の波長程度の格子定数をもつ周期的に配列される誘電体凸部として残すことで、回折格子やフォトリソグラフィやエッチングなどの複雑な工程を経ることなく、簡便に回折格子等を製造することができる。

【0029】誘電体多層膜のレーザによる蒸発過程においては、各層の溶融・蒸発若しくはアブレーションを起こす閾値が異なっている、上下の層が蒸発する際に、中間の層の蒸発が起きるので、通常のエッチングに比べ、各層の違いが現れにくく、誘電体凸部側面に段差が生じにくい。

【図面の簡単な説明】

【図1】基材表面に誘電体多層膜を形成した状態を示す拡大斜視図

【図2】レーザ干渉を利用した本発明方法で回折格子を製造する装置の概略図

【図3】(a)はレーザ光照射によって形成された誘電体凸部の光学顕微鏡写真(1000倍)、(b)は同写真に基づいて作成した図

【図4】本発明方法にて作製した1方向に周期的な凹凸を形成した回折格子の斜視図

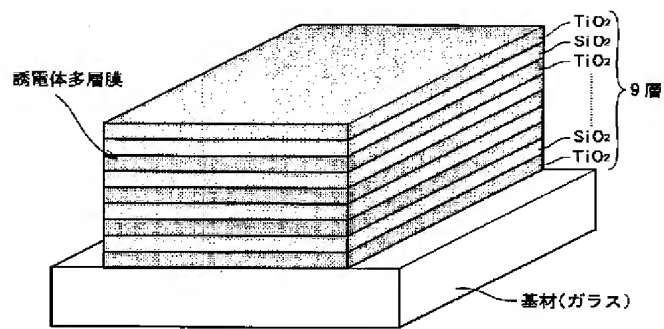
【図5】本発明方法にて作製した2方向に周期的な凹凸を形成した回折格子の斜視図

【図6】フェイズマスクを用いた本発明方法で回折格子を製造する装置の概略図

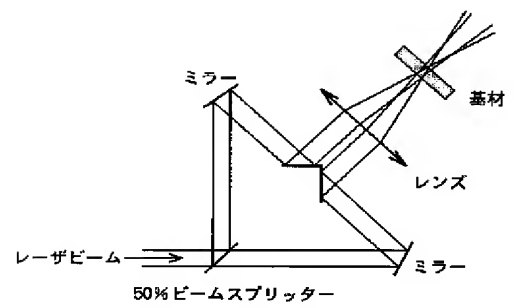
【図7】(a)はフェイズマスクの作用を説明した図、(b)は同フェイズマスクを介してガラス基板にレーザ光を照射している状態を示す図、(c)はレーザ加工されたガラス基板を示す図

【図8】(a)先行技術文献中に示されている1方向に周期的な凹凸を形成した回折格子の斜視図、(b)は先行技術文献中に示されている2方向に周期的な凹凸を形成した回折格子の斜視図

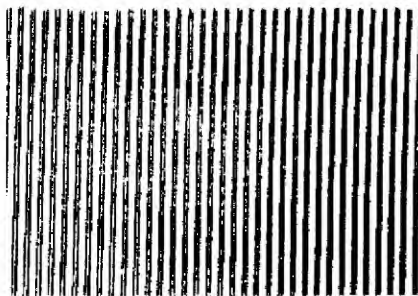
【図1】



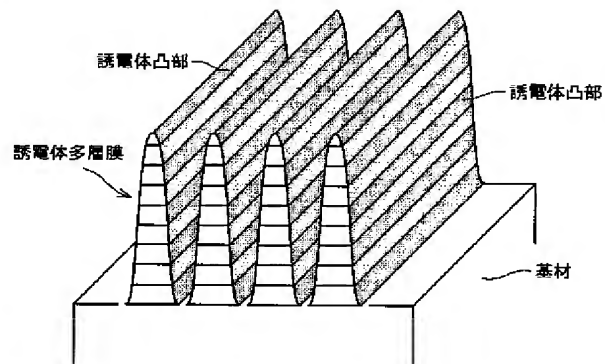
【図2】



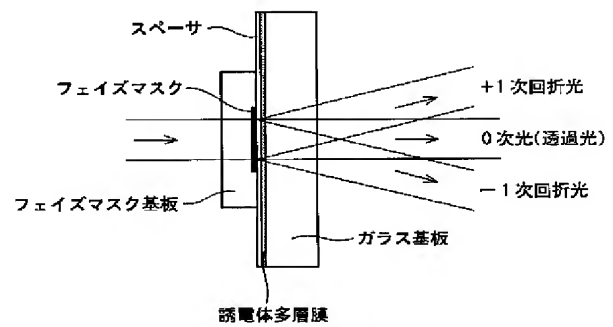
【図3】



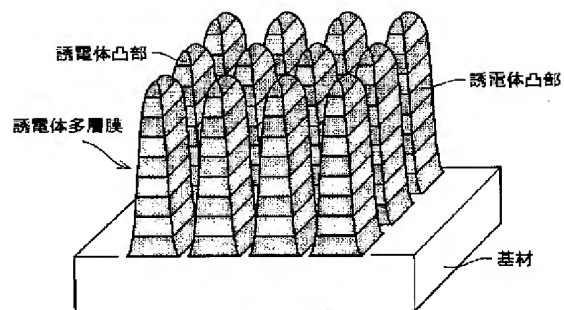
【図4】



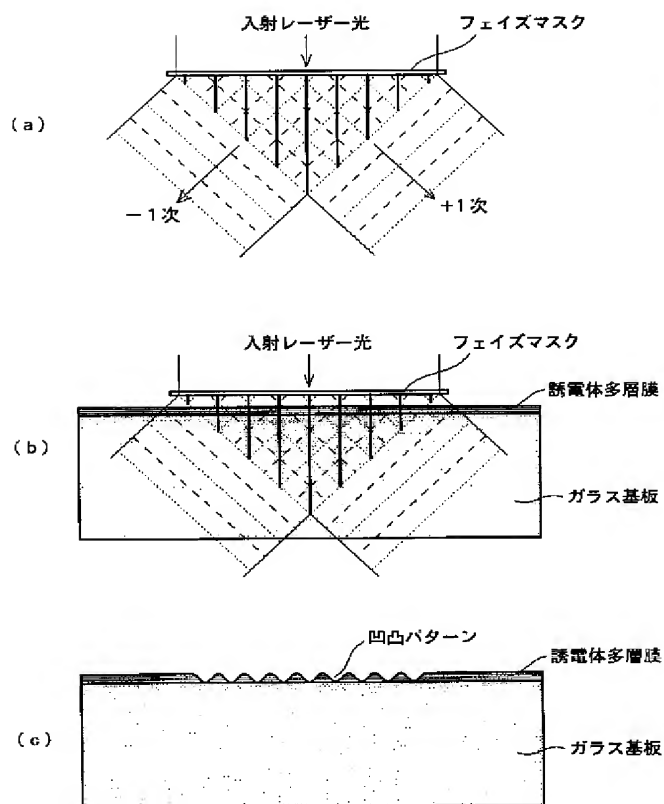
【図6】



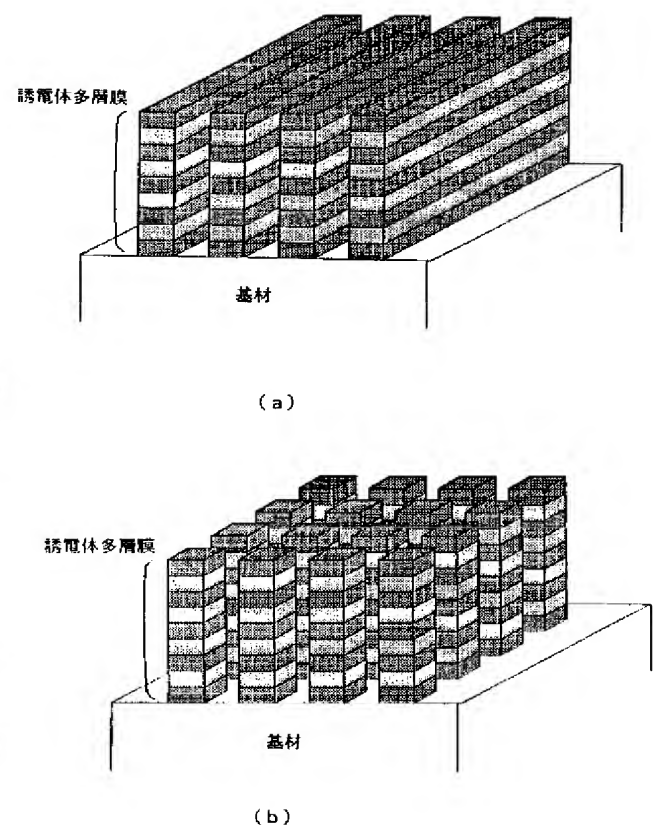
【図5】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>6</sup>  
G 0 2 B 5/32

識別記号 庁内整理番号

F I  
G 0 2 B 5/32

技術表示箇所



**PAT-NO:** JP410059746A  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** JP 10059746 A  
**TITLE:** PRODUCTION OF OPTICAL ELEMENT  
**PUBN-DATE:** March 3, 1998

**INVENTOR-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
TSUNETOMO, KEIJI	
KOYAMA, TADASHI	

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
NIPPON SHEET GLASS CO LTD	N/A

**APPL-NO:** JP08213392  
**APPL-DATE:** August 13, 1996

**INT-CL (IPC):** C03C017/34 , C03C015/00 , C03C023/00 , G02B001/02 ,  
G02B005/18 , G02B005/32

**ABSTRACT:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To easily obtain an optical element without subjecting this element to intricate stages, such as photolithography or etching, by irradiating dielectric films formed on a base material surface with a laser beam and allowing dielectric projecting parts to remain according to the intensity of this laser beam.

**SOLUTION:** The multilayered dielectric films consisting of  $\geq 2$  kinds selected from silicon oxide, titanium oxide, cerium oxide, germanium oxide, magnesium fluoride, calcium fluoride and tantalum oxide are formed on the base material. Next, the multilayered films are irradiated with the laser beam having the periodic intensity distribution in one direction with respect to the multilayered dielectric films obtd. by interfering phase masks or two laser beams, by which the laser beam is absorbed in the multilayered dielectric films, and fusing, evaporation or abrasion is induced. The multilayered dielectric films are thereby partly removed according to the intensity of the laser beams and the other parts are allowed to remain as the periodically arrayed dielectric projecting parts having the lattice constant to the extent of the wavelength of the light.

**COPYRIGHT:** (C)1998,JPO